

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 01191762 A

(43) Date of publication of application: 01.08.89

(51) Int. CI

C22C 38/32

C22C 38/00

// C21D 6/00

(21) Application number: 63016345

(71) Applicant: SUMITOMO METAL IND LTD

(22) Date of filing: 26.01.88

(72) Inventor: TSUMURA TERUTAKA  
NAKAZATO FUKUKAZU

(54) STEEL FOR MACHINE STRUCTURE HAVING  
EXCELLENT DELAYED FRACTURE RESISTANCE

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a steel for machine structure having  $\geq 125\text{kgf/mm}^2$  tensile strength and having excellent delayed fracture resistance by regulating P, S and Mn in the steel to low contents, compositely adding Nb together with Cr and Mo thereto and regulating it to the specific compsn.

CONSTITUTION: The steel for machine structure contains, by weight, 0.30W0.50% C, 0.15W0.50% Si, <0.50% Mn, 20.015% P, 20.01% S, 0.1W5.0% Cr, 0.01W0.80% Mo, 0.005W0.20% Nb and 0.005W0.10% Al, contains at need one or more kinds among

0.01W0.15% Zr, 0.01W0.10% Ti and 0.0003W0.0050% B and the balance constituted of Fe. In the above steel, the reduction and purifying of intergranular segregation are executed by regulating P and S to low contents and its delayed fracture resistance is improved by regulating Mn to low contents. By the composite addition of Nb to the steel together with Cr and Mo, the fining of the grains in the steel is promoted to reduce the intergranular segregation and the temper softening resistance of the steel is drastically increased as well to permit the adoption of high tempering temp., by which its delayed fracture resistance can be improved.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio

## ⑪ 公開特許公報 (A)

平1-191762

⑫ Int. Cl.<sup>4</sup>C 22 C 38/32  
38/00  
// C 21 D 6/00

識別記号

301

庁内整理番号

A-6813-4K  
T-7518-4K

⑬ 公開 平成1年(1989)8月1日

T-7518-4K 審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑭ 発明の名称 耐遅れ破壊性に優れた機械構造用鋼

⑮ 特願 昭63-16345

⑯ 出願 昭63(1988)1月26日

⑰ 発明者 津村輝隆 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地 住友金属工業株式会社小倉製鉄所内

⑰ 発明者 中里福和 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地 住友金属工業株式会社小倉製鉄所内

⑰ 出願人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市東区北浜5丁目15番地

⑰ 代理人 弁理士 杉岡幹二

## 明細書

## I. 発明の名称

耐遅れ破壊性に優れた機械構造用鋼

## 2. 特許請求の範囲

## (1) 重量%で

C: 0.30~0.50%	Si: 0.15~0.50%
Mn: 0.50未満	P: 0.015%以下
S: 0.01%以下	Cr: 0.1~5.0%
Mo: 0.01~0.80%	Nb: 0.005~0.20%
All: 0.005~0.10%	

を含有し、残部は実質的にFe及び不可避的不純物からなる成分と、焼入れ焼戻し組織からなることを特徴とする125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有する耐遅れ破壊性に優れた機械構造用鋼。

## (2) 重量%で

C: 0.30~0.50%	Si: 0.15~0.50%
Mn: 0.50未満	P: 0.015%以下
S: 0.01%以下	Cr: 0.1~5.0%
Mo: 0.01~0.80%	Nb: 0.005~0.20%
All: 0.005~0.10%	

## に更に

Zr: 0.01~0.15% Ti: 0.01~0.10%

B: 0.0003~0.0050%

の1種又は2種以上を含有し、残部は実質的にFe及び不可避的不純物からなる成分と、焼入れ焼戻し組織からなることを特徴とする125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有する耐遅れ破壊性に優れた機械構造用鋼。

## 3. 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

この発明は、125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有し、且つ、耐遅れ破壊性に優れた高強力ボルトやPC鋼棒、更に大型機械用の高強力鋼板などの機械構造用鋼に関する。

## (従来の技術)

近年、特に構造物の大型化、自動車やトラック、土木機械等の軽量化に伴い引張り強さが125kgf/cm<sup>2</sup>以上の機械構造用鋼、特に高強力ボルトやPC鋼棒の開発が要求されてきている。

従来、一般に100kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有

する機械構造用鋼強制鋼は、例えば0.35%C, 1.0%Cr, 0.2%Moの組成よりなるJIS・G4105・SCM435低合金鋼や、0.31%C, 0.8%Cr, 1.8%Ni, 0.2%Moの組成を有するJIS・G4103・SNCM431の低合金鋼や、さらに0.2%C, 0.8%Cr, 0.002%Bの組成を有するボロン鋼などの熱間圧延材に焼入れ焼戻し処理を施すことによって製造されている。

しかし、これらの機械構造用鋼を実用に供した場合、125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有するものにおいては、使用中に遅れ破壊を生じる場合があることから、高張力ボルトやP.C.鋼棒をはじめとして自動車や土木機械の重要保安部品としては品質の安定性に欠けるという問題があった。

なお、遅れ破壊とは、静荷重下におかれた鋼が、ある時間経過後に突然脆性的に破断する現象であり、外部環境から鋼中に侵入した水素による一種の水素脆性とされている。

このようなことから上記の機械構造用鋼においては、実用上その強度レベルが引張り強さで12

5kgf/cm<sup>2</sup>以下に制限されているのが現状であり、例えば高張力ボルトに関しては、JIS・B-1186(1979)の「摩擦接合用高張力六角ボルト、六角ナット、平座金セット」において、F8T(引張り強さ: 80~100kgf/cm<sup>2</sup>)、F10T(同100~120kgf/cm<sup>2</sup>)、及びF11T(同110~130kgf/cm<sup>2</sup>)の3種に規定され、しかもF11Tについては、なるべく使用しないことと注意事項が付されている。

また、土木建設機械用として耐摩耗性の要求される鋼板においても引張り強さが125kgf/cm<sup>2</sup>を越えるものでは使用中の遅れ破壊が問題とされている。

これに対して、上記の通常の低合金鋼より耐遅れ破壊性の優れた鋼として、例えば18%Ni, 7.5%Co, 5%Mo, 0.5%Ti, 0.1%Alの組成を有する18%Niマルエージング鋼があり、この鋼は、引張り強さが150kgf/cm<sup>2</sup>程度のものまで遅れ破壊の発生の恐れなく使用できるが、きわめて高価な鋼であるため、経済性の点で一部のきわめて限られた用途にしか実用化されておらず、機械構造用と

して広く使用されるに至っていない。

これに対して、経済的であり、高強度且つ耐遅れ破壊性に優れた構造用鋼として、例えば特開昭58-61219号、特開昭58-84960号、特開昭58-113317号、特開昭58-117850号及び特開昭58-157921号等に各組成の高強度鋼及びそれらの製造法が提案されている。

しかしながら、これらの125kgf/cm<sup>2</sup>を越える引張り強さを有する鋼でも、例えば構築用高張力ボルトに使用できるほど完全に遅れ破壊の発生する危険を払底できるものではなく、それらの適用範囲は不確定且つ十分なものでない。

#### (発明が解決しようとする課題)

この発明は上記した産業界の要求に答えるべく125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有し、且つ耐遅れ破壊性に優れた機械構造用鋼を提供することを目的とするもので、例えば構築用高張力ボルト等と異なり、定期的な補修或は取替えを前提とし、一定期間、例えば5000時間以内の遅れ破壊の

発生の恐れのない125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有する機械構造用鋼を提供することをこの発明の目的とする。このような用途としては、各種構造物用高張力鋼、自動車、土木機械、産業機械用のボルト用鋼及び高張力鋼板があり、これらにこの発明鋼を使用することによって上記した産業界の要求に答えることが可能である。

すなわち、この発明は、構築用高張力ボルトほどの耐遅れ破壊性でなくとも所定の期間のあいだ遅れ破壊の発生する危険がなく、從って定期的な補修或は取替えを前提とする部品等に好適に使用できる125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有する機械構造用鋼を提供することを目的とする。

#### (課題を解決するための手段)

上記したこの発明の目的を達成するため、本発明者等は、既往実験、研究を重ねた結果、5000時間以上の期間にわたり、遅れ破壊が発生せず、かつ125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有する鋼を得るために以下に示す条件を満足することが有效であることを知見した。

(a) 低P、低S化による粒界偏析の軽減及び清浄化、低Mn化による耐遅れ破壊性の改善が有効であること。

(b) NbをCr, Moと共に複合添加すれば、鋼の細粒化が著しく促進され、それに伴う粒界偏析の軽減が耐遅れ破壊性の改善に有効であること。

(c) NbとCr, Moとの複合添加は、鋼の焼戻し軟化抵抗を著しく高め、それによって、高い焼戻し温度の採用が可能となり、耐遅れ破壊性の改善に有効であること。

すなわち、この発明の要旨は、C:0.30~0.50%, Si:0.15~0.50%, Mn:0.50%未満, P:0.015%以下, S:0.01%以下, Cr:0.1~3.0%, Mo:0.01~0.80%, Nb:0.005~0.20%, Al:0.005~0.10%を含有し、必要に応じて更にZr:0.01~0.15%, Ti:0.01~0.10%, B:0.0003~0.0050%の1種又は2種以上を含有し、残部は実質的にFe及び不可離的不純物からなる成分と、焼入れ焼戻し組織からなることを特徴とする125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有し、且つ耐遅れ破壊性に優れた機械構造用鋼を

提供するものである。

ついで、この発明において、鋼の成分組成及び組織の各限定は次の理由に基づいて定めた。

#### C :

Cは鋼の焼入性の増加、強度増加に加えて細粒化のためにも有効な成分であるが、その含有量が0.30%未満では焼入性の劣化を来たし、又所望の強度を確保することが出来ず、一方0.50%を超えて含有させると焼入れ時の焼割れ感受性が増加し、また他の合金成分と関連して韧性劣化を招くことからその含有量を0.30~0.50%と定めた。

#### Si :

Siは鋼の脱酸及び強度増加のために有効な元素であるが、その含有量が0.15%未満では前記作用に所望の効果が得られず、他方0.50%を超えると偏析して韧性劣化をきたす場合があるので、その含有量を0.15~0.50%と定めた。

#### Mn :

Mnは脱酸の他、焼入性向上に有効な元素であ

るが、多量に含有させると、粒界脆化現象が生じ、遅れ破壊の発生を促進する。さらに、MnはSと結合して、これが割れの起点となることからも耐遅れ破壊性の改善のためには極力その含有量を低下させなければならない。従って、耐遅れ破壊性の改善を目的とするこの発明ではMnの含有量を0.5%未満とした。

#### P :

Pはいかなる熱処理を施してもその粒界偏析を完全に消滅することはできず、かつ、粒界強度を低下させ耐遅れ破壊性を劣化させるため、その上限を0.015%とした。

#### S :

SはMnと結合して割れの起点となり、さらに単独でも粒界に偏析して脆化を促進するため、極力その含有量を低く制限することが必要である。

従って、この発明ではSを0.01%以下とした。

#### Cr :

Crは鋼の焼入性を向上させ、かつ鋼に焼戻し軟化抵抗を付与する作用がある。特にMo, Nbと

の複合添加で著しい焼戻し軟化抵抗を鋼に付与するが、その含有量が0.1%未満では、前記作用に所望の効果が得られず、他方Crは高価な合金元素であるため経済性を考慮し、その含有量を0.1~5.0%とした。

#### Mo :

Moは鋼の焼入性を向上させ、かつ鋼に焼戻し軟化抵抗を付与する作用があり、特にCr, Nbとの複合添加で、焼戻し軟化抵抗性を著しく増大させ、高い焼戻し温度の採用を可能にして耐遅れ破壊性の改善にも有効である。しかしその含有量が0.01%未満では、前記作用に所望の効果が得られず、一方0.80%を超えて添加してもその効果は飽和し、コストの上昇を招くだけであるため、その含有量を0.01~0.80%と定めた。

#### Nb :

Nbは鋼の強度、韧性の向上と細粒化に対して効果を有し、特にCr, Moとの複合添加で著しく鋼を細粒化し、焼戻し軟化抵抗も著しく高めるので耐遅れ破壊性の改善に極めて有効な元素である。

しかしながら、その効果を確保するためには、0.005%以上の含有が必要である。他方、0.20%以上添加すると、その効果は鈍和し、かつコスト的に高くつくので、その範囲を0.005~0.20%とした。

## Al:

Alは鋼の脱酸の安定化、均質化および粗粒化を図るのに有効であるが、0.005%未満では所望の効果を得ることができず、一方、0.10%を超えて含有させてもその効果は鈍和してしまい、また介在物の増大により疵が発生し、靱性も劣化するので0.005~0.10%とした。

## Zr:

Zrは鋼中に炭化物を球状微細に分散させて耐遅れ破壊性を一層改善させる効果を有するため、特に高強度の鋼の場合に高い耐遅れ破壊性を確保する目的で含有させるとよいが、0.01%未満ではその効果が小さく、一方、0.15%を超えると靱性劣化をきたすのでその含有量を0.01~0.15%とした。

ま材、圧延材を焼戻ししたものといった高温での変態生成物である高温ベイナイト、フェライト、バーライトを主とする組織では安定して引張り強さで125kgf/cm<sup>2</sup>以上の高強度を得難く、耐遅れ破壊性と引張り強さで125kgf/cm<sup>2</sup>以上の高強度を共に得ようとするこの発明の所期の目的を達成することができない。一方焼入れままの鋼は引張り強さは高いが、母材が低く機械構造用鋼として使用される場合に使用中に応力緩和の増大が生じ、さらに焼入れままでは耐遅れ破壊性、靱性、加工性などが良好でないという問題がある。

従って、鋼に所定の強度と耐遅れ破壊性を付与するためには焼入れ焼戻し処理して、鋼の組織を焼入れ焼戻し組織とする必要がある。

## (実験例)

次にこの発明を一実験例により比較例と対比しながら説明する。

先づ通常の方法によって第1表に示す成分組成の鋼(符号A~S)を溶製した。鋼A~Iは、この発明の範囲内の組成を有しているものであり、

## Ti及びB:

Ti、及びBには鋼の焼入性を一段と向上させる作用があるので、特に鋼製品寸法が大きい場合に高強度を確保する目的で含有させるとよいが、夫々Ti 0.01%未満、Bは0.0003%未満では、前記作用に所望の効果が得られず、またTi 0.10%、B 0.0050%を超えて含有させると鋼の靱性及び耐遅れ破壊性が劣化するようになり、かつTiにおいては切削性も劣化するようになる。従ってTi、及びBについてその含有量を夫々Tiを0.01~0.10%、Bは0.0003~0.0050%と定めた。

## 組織:

上記した成分組成を有する鋼であっても、125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さと良好な耐遅れ破壊性とを具備させるには、通常の熱間圧延を行い、圧延後直ちに焼入れするか、又は再加熱してから焼入れを施して低温変態生成物(マルテンサイトやベイナイト)となし、これを焼戻しした所謂焼入れ焼戻し組織とすることが必要である。

即ち、焼ならし材、焼ならし焼戻し材、圧延の

鋼M~Sは第1表中※印を付した点で、この発明の範囲から外れた組成のものである。

## 以下余白

第 1 表

鋼種	化 学 成 分										(重量%)		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Nb	Al	Zr	Ti	B	Fe+不純物
本 発 明	A	0.34	0.22	0.36	0.011	0.008	1.26	0.40	0.019	0.013	-	-	-
	B	0.42	0.47	0.06	0.003	0.005	2.85	0.15	0.043	0.048	-	-	"
	C	0.48	0.17	0.22	0.003	0.002	1.03	0.02	0.028	0.039	0.028	-	"
	D	0.38	0.32	0.32	0.006	0.003	0.12	0.74	0.032	0.032	-	0.02	"
鋼	E	0.34	0.25	0.22	0.003	0.003	3.33	0.12	0.039	0.050	-	-	0.0018
	F	0.36	0.38	0.28	0.001	0.002	1.56	0.42	0.008	0.026	0.018	0.02	-
	G	0.41	0.21	0.22	0.009	0.002	0.95	0.13	0.130	0.030	0.051	0.02	0.0012
	H	0.35	0.32	0.46	0.006	0.003	1.00	0.75	0.032	0.018	-	-	0.0012
比 較	I	0.38	0.18	0.18	0.007	0.001	0.55	0.50	0.062	0.039	0.047	-	0.0009
	J	0.45	0.17	0.23	0.006	0.003	0.86	0.40	0.040	0.047	0.029	0.04	-
	K	0.32	0.21	0.35	0.005	0.002	1.00	0.30	0.038	0.019	0.130	-	"
	L	0.42	0.19	0.27	0.008	0.003	1.02	0.48	0.018	0.028	0.034	0.02	0.0005
鋼	M	0.22*	0.15	1.05*	0.012	0.005	3.25	0.08	-*	0.018	-	-	"
	N	0.53*	0.05*	0.45	0.006	0.006	2.92	-*	0.003*	0.011	-	-	"
	O	0.38	0.68*	1.80*	0.018*	0.009	2.51	-*	0.027	0.020	-	-	"
	P	0.39	0.28	0.09	0.032*	0.018*	3.30	0.05	0.015	0.018	-	-	"
鋼	Q	0.35	0.24	1.10*	0.025*	0.009	0.83	0.15	-*	0.043	-	-	0.0078*
	R	0.31	0.20	0.62*	0.017*	0.010	0.99	-*	0.020	0.032	-	0.15*	-
	S	0.52*	0.36	1.26*	0.009	0.007	0.02*	0.15	0.014	0.018	-	0.09	-

これらの溶製した鋼を連続鋳造法、或は造塊法にて鋼片となした後、1200～1250℃に加熱後通常の方法で15mm厚さの鋼板に熱間圧延し、次にこれを850～1020℃の温度から、熱間圧延後直ちに焼入れを施す直接焼入れ、あるいは前記温度域に再加熱した後焼入れする再加熱焼入れを行った後、200～680℃の温度で焼戻しして、その組織が焼入れ焼戻し組織で、その引張り強さが125kgf/cm<sup>2</sup>以上となるように調整して遅れ破壊特性を調査した。

その結果を第2表に示した。

なお、遅れ破壊の発生有無の確認は、第1図に示すくさび挿入型の遅れ破壊試験方法によった。

すなわち、第1図(a)に示すような形状、寸法の試験片のノッチ部(第1図(b)に示す)に第1図(c)に示すようなくさびを挿入して静荷重をかけ、これを55℃に保持した温水中に入れ、割れの発生時間を見察した。

なお、耐遅れ破壊性の一つの判断基準を5000時間とした。

この5000時間を一つの判断基準としたのは、3ヶ月を機材の定期的な補修あるいは点検期間と仮定し、その約2倍の誤差を見積ったからである。試験環境として55℃の温水中は、実使用環境の最も厳しい環境に相当する。

従って、得られた遅れ破壊時間は実使用のうちもっとも厳しい環境での遅れ破壊発生時間に相当すると考えられる。

第2表より、この発明の鋼は遅れ破壊発生時間が長く耐遅れ破壊性に優れていることが明らかである。

すなわち、この発明によると125kgf/cm<sup>2</sup>以上の引張り強さを有し、かつ5000時間以上の期間にわたり遅れ破壊を発生しない機械構造用鋼を得ることができ、前述したように定期的補修または取替を前提とし、必要な耐遅れ破壊性の程度の明確な用途の鋼材には、この発明による機械構造用鋼を広範囲に使用できる。

以下余白

第 2 表

鋼種	直焼入れ - 焼戻し				再加熱焼入れ - 焼戻し				
	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	破断時間 (hr)	焼入温度 (°C)	焼戻し温度 (°C)	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	破断時間 (hr)	焼入温度 (°C)	焼戻し温度 (°C)	
発明	A	143.1	> 5000	940	520	140.3	> 5000	880	490
	B	132.9	> 5000	1020	600	147.8	> 5000	920	200
	C	137.1	> 5000	1000	450	139.8	> 5000	900	300
	D	142.2	> 5000	1020	620	138.8	> 5000	950	680
	E	133.9	> 5000	1000	400	140.3	> 5000	970	300
	F	138.8	> 5000	960	600	135.8	> 5000	900	570
	G	127.9	> 5000	1010	680	130.9	> 5000	940	530
	H	150.0	> 5000	960	500	141.8	> 5000	890	500
	I	147.2	> 5000	950	520	145.7	> 5000	880	520
	J	149.8	> 5000	980	600	140.3	> 5000	850	680
	K	140.9	> 5000	1000	680	142.3	> 5000	950	470
	L	138.5	> 5000	980	250	135.2	> 5000	870	480
比較	M	131.9	720	1020	200	131.2	1000	950	400
	N	129.8	430	980	400	132.1	240	950	350
	O	135.1	600	970	600	136.2	480	920	550
	P	-	-	-	-	127.8	1200	930	450
	Q	-	-	-	-	130.8	700	950	200
	R	-	-	-	-	129.8	480	930	400
	S	-	-	-	-	140.5	150	950	300

## (発明の効果)

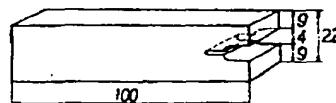
上記した如く、この発明は 125 kgf/mm<sup>2</sup> 以上の引張り強さを有し、かつ耐過れ破壊性に優れた機械構造用鋼で、定期的な補修或いは取替えを前提とした一定期間内での過れ破壊の発生の恐れのない各種構造物高張力鋼、自動車、土木機械、産業機械用のボルト用鋼に廉価な低合金高強度鋼として提供することができる産業上有効な発明である。

## 4. 図面の簡単な説明

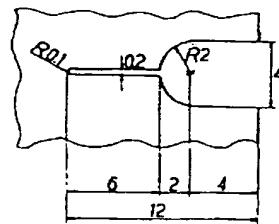
第1図は本実施例で実施した過れ破壊試験で用いた試験片と、くさびの形状および寸法を示す図である。第1図(a)は試験片を示し、第1図(b)に試験片のノッチ部の詳細を示し、第1図(c)は試験片のノッチ部に押入して負荷を加えるためのくさびを示す。なお、図中において数字は mm の単位の長さを示す。

第1図

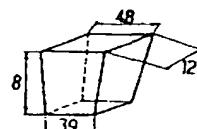
(a)



(b)



(c)



出願人 住友金属工業株式会社

代理人 弁理士 杉岡幹二

